

36357
These
RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LE

PROTOXYDE D'AZOTE

PAR

Le D^r TONY BLANCHE

Préparateur du laboratoire de physiologie de l'École pratique des Hautes études
à la Faculté des sciences.



PARIS

IMPRIMERIE ADMINISTRATIVE DE PAUL DUPONT

RUE JEAN-JACQUES-ROUSSEAU, 41

—
1874

TABLE

	Pages.
AVANT-PROPOS	5
De l'Anesthésie	9
Historique	16
Propriétés chimiques et préparation du protoxyde d'azote.	24
Le protoxyde d'azote pur peut-il entretenir la vie? . . .	31
Le protoxyde d'azote agit-il comme un gaz inerte ? . . .	37
Mélangé à l'oxygène le protoxyde d'azote a-t-il une action sur la sensibilité?	42
Recherches sur le sang	53
Expériences sur l'homme	66
Conclusions.	69

AVANT-PROPOS

L'usage du protoxyde d'azote s'est beaucoup répandu depuis quelques années ; les propriétés anesthésiques que l'on a cru pouvoir attribuer à ce gaz l'ont fait rechercher pour produire l'insensibilité dans les opérations de courte durée : c'est surtout dans l'avulsion des dents que son emploi est devenu presque journalier, et il est peu de cabinets de dentistes qui ne soient pourvus aujourd'hui de leur appareil à inhalation de protoxyde d'azote.

Des opinions bien diverses, cependant, ont été émises touchant les effets produits par la respiration de ce gaz.

En présence de ces contradictions et de la pratique chaque jour plus commune de ces inhalations, il nous a paru intéressant de chercher à déterminer les véritables propriétés du protoxyde d'azote.

C'est le résultat de ces recherches que nous présentons comme sujet de notre thèse.

Nous ferons précéder notre travail de quelques considérations sur l'anesthésie et l'asphyxie, points que nous aurons tout particulièrement à discuter dans notre étude sur le protoxyde d'azote, puisque c'est au point de vue anesthésique que nous étudierons ce gaz. Nous nous réservons d'examiner plus tard si, introduit dans l'économie autrement que par voie d'inhalation, son emploi peut rendre quelques services dans la pratique médicale.

Après avoir rapporté ensuite les opinions énoncées sur les effets dus au protoxyde d'azote, nous dirons quelques mots de ses propriétés chimiques et de son mode de préparation.

Passant alors à nos expériences personnelles, nous examinerons :

Si le gaz protoxyde d'azote peut entretenir la vie ;

S'il agit comme gaz inerte, comme l'hydrogène ou l'azote ;

S'il possède, au contraire, quelques propriétés spéciales pouvant amener l'anesthésie.

En examinant ce dernier point, nous étudierons d'une façon toute spéciale le sang des animaux soumis à ces inhalations.

Nous terminerons en rapportant quelques expériences faites sur l'homme, et nous présenterons quelques conclusions tirées du résultat de nos diverses expériences.

Toutes nos expériences ont été faites au laboratoire de physiologie de la Faculté des sciences, auquel nous avons l'honneur d'être attaché, en collaboration avec notre savant et excellent camarade le docteur Félix Jolyet, préparateur du cours de physiologie de la Faculté des sciences. Nous lui adressons tous nos remerciements pour les bons conseils qu'il nous a donnés et le concours qu'il nous a si gracieusement prêté pour ce travail.

Nous devons témoigner toute notre reconnaissance à M. le professeur Paul Bert, qui a bien voulu nous guider de sa haute expérience physiologique.

Nous présentons à M. Grehant, professeur suppléant à la Faculté des sciences, nos respectueux remerciements pour le bienveillant intérêt qu'il nous a témoigné et les conseils qu'il nous a donnés.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LE

PROTOXYDE D'AZOTE

DE L'ANESTHÉSIE

L'anesthésie est l'abolition de la sensibilité.

Bien des méthodes ont été préconisées pour atteindre cet admirable résultat de supprimer la douleur chez les malheureux condamnés aux souffrances des opérations chirurgicales. Nous n'avons pas la prétention de faire ici une étude complète de l'anesthésie; cette importante et si intéressante question mériterait à elle seule d'être l'objet d'un long travail que nous n'avons pas à faire en ce moment. Nous voulons établir seulement certains faits propres à nous servir dans nos conclusions sur le protoxyde d'azote.

Les agents anesthésiques peuvent, d'une façon générale, se diviser en deux grandes classes : ceux qui déterminent l'insensibilité sans causer d'asphyxie; ceux, au contraire, dont l'administration n'a-

mène l'anesthésie que par suite de l'asphyxie qu'ils déterminent.

Parmi les premiers, le plus répandu est le chloroforme, et, comme nous ne recherchons qu'un exemple pour servir de terme de comparaison aux phénomènes observés pendant la respiration du protoxyde d'azote, nous nous bornerons à étudier cet agent.

L'anesthésie, dans ce cas, est la conséquence d'une action directe et spéciale, exercée sur tous les centres nerveux par les vapeurs du chloroforme.

Flourens et Longet ont admis, après d'ingénieuses expériences, que l'anesthésie se produisait en agissant suivant un ordre successif :

1° Sur le cerveau et le cervelet, en provoquant des troubles du côté de l'intelligence et de la coordination des mouvements ;

2° Sur la protubérance annulaire, en abolissant la faculté de perception de tout acte de sensibilité générale ou tactile.

3° Sur la moelle épinière, en abolissant toutes ses propriétés excito-motrices ;

4° Sur la moelle allongée, en paralysant les nerfs qui concourent à l'entretien des grandes fonctions de la vie organique.

On peut aussi, d'une façon générale, se plaçant au point de vue pratique, diviser les phénomènes observés pendant l'administration du chloroforme en trois périodes :

La première période, dite d'excitation, se traduit

par l'égarément de l'intelligence, l'apparition de mouvements instinctifs et reflexes succédant aux mouvements volontaires, convulsions cloniques ou toniques, par l'accélération du pouls et de la respiration.

Survient ensuite la seconde période, période de calme qu'on pourrait appeler aussi période chirurgicale, pendant laquelle l'opération sera pratiquée dans les conditions les plus avantageuses. Cette période est caractérisée par l'abolition de l'intelligence, l'anéantissement de la sensibilité, la résolution musculaire. Le pouls est alors large, mou, peu fréquent; la face pâle; le cœur bat régulièrement; la respiration est large et profonde.

Enfin, il est une troisième et dernière période pendant laquelle les fonctions de la vie végétative, tardivement atteintes, s'affaiblissent progressivement: c'est la période d'anesthésie organique; la mort survient alors par asphyxie, mais non par arrêt du cœur.

Ainsi, ce n'est que fort tard, dans une période ultime et lorsque la sensibilité a déjà disparu, que survient l'asphyxie, et cela par suite de la paralysie des centres moteurs respiratoires.

Ce fait est rendu évident par l'expérience suivante de M. Paul Bert:

M. Bert a fait l'analyse du sang retiré de l'artère pendant la période de calme complet dû au chloroforme et l'a faite comparativement avec celle du sang pris avant l'expérience.

Or, les chiffres obtenus sont des plus concluants.

En effet, dans un cas avant l'anesthésie le sang a donné pour 100^{cc} 7,3 d'oxygène et pendant la période de calme 12,4. Dans un autre cas, les chiffres varient de 15^{cc} à 18^{cc}.

« Ainsi, dit M. Bert, pendant que se manifeste bien pure, bien isolée de toute complication, l'action anesthésique, le sang est plus riche en oxygène qu'il ne l'était auparavant. Ceci ne permettra plus, je pense, de reproduire encore cette assimilation étrange faite de l'anesthésie avec l'asphyxie. »

Quant à l'augmentation de la proportion de l'oxygène dans le sang, M. P. Bert l'attribue à la résolution complète du système musculaire existant alors.

Pour ce qui est des anesthésiques constituant la seconde classe, nous leur contestons fortement ce titre, et plutôt que d'en citer nous croyons plus rationnel d'examiner les phénomènes d'insensibilité produits par l'asphyxie pure et simple, puisque c'est à elle que ces agents doivent leurs propriétés.

On peut définir l'asphyxie, au point de vue physiologique, la privation d'oxygène dans le sang. Des causes nombreuses et diverses peuvent la produire, mais toutes peuvent être rangées sous trois chefs : l'air atmosphérique n'est plus mis en contact avec le sang, par suite d'un obstacle siégeant sur le trajet des voies respiratoires; le gaz inspiré est impropre à vivifier le sang, soit par défaut d'oxygène, soit parce que l'oxygène qu'il con-

tient, ne peut être utilisé ; le sang n'est plus apte à absorber l'oxygène qui lui est fourni. Quelle que soit, du reste, la cause qui l'ait déterminée, l'asphyxie s'accompagne de phénomènes à peu près identiques, tenant tous aux troubles apportés dans l'hématose.

Après un temps plus ou moins long apparaissent des signes de malaise : la respiration s'accélère, la face prend une teinte plus ou moins violacée, les lèvres se décolorent. Puis, les mouvements respiratoires se ralentissent en même temps qu'ils deviennent plus amples, la sensibilité est de moins en moins active et la mort survient.

Ces troubles de la sensibilité, dus à l'asphyxie, ont été bien étudiés par M. le docteur Faure, dans un mémoire inséré dans *les Archives générales de médecine* (1856).

M. le docteur Faure, faisant respirer un chien par la trachée dans un ballon de caoutchouc, l'animal restant libre, put constater les phénomènes suivants :

« Bientôt les mouvements s'affaiblissent, ils deviennent plus incertains ; on voit l'animal vaciller sur lui-même, écarter ses pattes ou les rapprocher pour chercher à se raffermir ; son regard a quelque chose de stupide qui fait un singulier contraste avec cet éclat d'intelligence qui l'animait avant ; enfin, il tombe à plat ventre ou sur le côté et reste immobile. Dès ce moment, la sensibilité générale a supporté une profonde atteinte ; on peut impuné-

ment le pincer, le fouetter avec force, pratiquer de profondes entailles dans les tissus, lui faire subir même les mutilations les plus graves.

« Le calorique seul a conservé sa puissance, et au moindre contact d'un fer chaud l'animal s'agite et se défend avec vivacité.

« Mais, à mesure que l'asphyxie s'aggrave, la pupille se dilate, l'état de résolution générale se prononce, l'insensibilité devient plus résistante, les brûlures les plus étendues et les plus pénétrantes ne provoquent pas un cri ; il semble, en un mot, que l'on agisse sur un cadavre.

« Cependant, dans cet état si grave en apparence, et dans lequel la mort paraît certaine, il suffit de rendre aux poumons un peu d'air respirable pour voir la vie reprendre ses caractères les plus significatifs en quelques secondes. »

Nous insistons tout particulièrement sur ce dernier fait du retour si rapide de la sensibilité chez les animaux. Nous verrons, en effet, chez les sujets soumis aux inhalations du protoxyde d'azote, les troubles disparaître presque aussitôt, à la suite de quelques larges inspirations à l'air libre.

Depuis, les savantes expériences de M. P. Bert ont déterminé d'une façon précise le moment où a lieu l'anesthésie par défaut d'hématose : c'est lorsque le sang artériel ne contient plus que 2 à 3 pour 100 d'oxygène.

Nous nous résumons :

Les anesthésiques agissent directement sur le

système nerveux en abolissant la motricité des nerfs et le pouvoir excito-moteur. Les asphyxiants, au contraire, n'atteignent les propriétés des nerfs et de la moelle qu'aux approches de la mort; jusque-là, ils répondent aux excitants mécaniques. Dans l'asphyxie, l'insensibilité reconnaît une cause matérielle. C'est sous l'influence du sang dépourvu d'oxygène que l'innervation disparaît; en un mot, l'anesthésie est consécutive. Le contraire a lieu avec le chloroforme : c'est primitivement que l'anesthésie se produit, le sang n'ayant subi aucune altération dans sa composition.

« Dans l'asphyxie ordinaire, dit Flourens, le système nerveux perd ses forces sous l'action du sang noir, du sang privé d'oxygène, et dans l'éthérisation le système nerveux perd d'abord ses forces sous l'action de l'agent singulier qui le détermine; c'est là qu'est la différence. »

Nous aurons à examiner à quel mode d'action est due l'anesthésie survenant chez les individus soumis aux inhalations de protoxyde d'azote : Ce gaz est-il un anesthésique véritable ou ne produit-il l'insensibilité qu'en provoquant l'asphyxie?

HISTORIQUE

Le protoxyde d'azote fut découvert par Priestley (1776), mais c'est Humphry Davy qui, le premier, expérimenta ce gaz en 1800. Humphry Davy, à peine âgé de vingt ans, était alors à la tête du laboratoire de Beddoès et chargé d'étudier l'action des différents gaz sur l'organisme; un des premiers qu'il eut à expérimenter fut précisément le protoxyde d'azote. Ayant respiré ce gaz pendant quelques minutes, il fut plongé dans une sorte d'engourdissement en même temps qu'il était saisi d'un rire nerveux irrésistible. « Après avoir expiré l'air de mes poumons, dit Humphry Davy, en rapportant cette expérience devenue célèbre, et m'être bouché les narines, je respirai environ quatre litres de gaz oxyde nitreux (protoxyde d'azote) : les premiers sentiments que j'éprouvai furent ceux du vertige et du tournoisement; mais, en moins d'une demi-minute, continuant toujours de respirer, ils diminuèrent par degrés et furent remplacés par des sensations analogues à une douce pression sur tous les muscles, accompagnée de frémissements très-agréables, particulièrement dans la poitrine et les extrémités; les objets autour de moi devenaient

éblouissants et mon ouïe plus subtile. Vers les dernières inspirations, l'agitation augmenta, la faculté du pouvoir musculaire devint plus grande, et il acquit à la fin une propension irrésistible au mouvement. Je ne me souviens qu'indistinctement de ce qui suivit; je sais seulement que mes mouvements furent variés et violents. Ces effets cessèrent dès que j'eus discontinué de respirer ce gaz, et dans dix minutes je me trouvai dans mon état naturel. La sensation de frémissement dans les extrémités se prolongea plus longtemps que les autres sensations. »

Cette expérience fut répétée plusieurs fois avec les mêmes résultats provoquant toujours le même rire nerveux, ce qui valut à ce gaz le nom d'hilarant.

Humphry Davy pensa alors que le protoxyde d'azote pouvait ne pas être sans influence sur la sensibilité; que, grâce à lui, on pourrait, sinon faire disparaître, du moins diminuer la douleur physique. Il expérimenta alors dans ce sens, et, une fois entre autres, il put, après s'être soumis aux inhalations du protoxyde d'azote, se faire arracher une dent sans avoir éprouvé la moindre douleur. Le résultat de cette expérience répondait à ses prévisions; aussi déclara-t-il que « le protoxyde d'azote pur paraît jouir entre autres propriétés de celle de détruire la douleur. On pourrait l'employer avec avantage dans les opérations de chirurgie qui ne s'accompagnent pas d'une grande effusion de sang. »

Il est facile de comprendre le bruit que devait

faire une pareille découverte. Chacun voulut expérimenter ce gaz, ressentir les impressions rapportées par Humphry Davy dans ses expériences. Le célèbre paléontologiste de Genève, Pictet, fit à cette époque un voyage en Angleterre : il ne manqua pas de se rendre au laboratoire pneumatique de Clifton, désireux d'assister à ces expériences ; il nous en a laissé une intéressante description. « M. Davy se soumit le premier à l'essai, qui lui est très-familier. Je l'observais avec beaucoup d'attention. A la troisième et quatrième inspiration, je le vis pâlir et ses lèvres prirent une teinte violette ; l'action de la poitrine devint de plus en plus fréquente et violente, et vers la fin il inspirait et expirait à chaque fois tout le contenu de la vessie.

« Les muscles de son visage étaient en travail, et on eût dit qu'il souffrait, et il s'en fallait de beaucoup à ce qu'il paraît. Enfin, il abandonna la vessie, et, après un moment d'extase, il se leva de sa chaise et se mit à parcourir le parquet en riant de si bon cœur, que l'éclat de rire devint général ; il frappait du pied, remuait les bras et paraissait avoir besoin d'exercer l'action musculaire. Ces effets ne durèrent que quelques minutes, et le calme revint par degrés insensibles. Il nous décrivit, comme très-agréable, toute la suite des sensations qu'il avait éprouvées.

« Un amateur vint ensuite. J'observais les mêmes apparences extérieures que je viens de décrire, mais sur la fin des inspirations, il paraissait dans une agitation qui croissait par degrés si rapides qu'on

chercha à lui faire abandonner la vessie. Il la retenait opiniâtrement d'une main, tandis qu'il tenait de l'autre son nez serré; enfin, on la lui ôta. Il resta en extase sur sa chaise, les yeux levés au ciel, et continuant à tenir son nez dans sa main, dans l'attitude la plus grotesque. L'éclat de rire de toute l'assemblée ne le dérangeait pas. Enfin, il se leva en riant de tout son cœur et parfaitement satisfait de ce qu'il avait éprouvé et de ce qu'il éprouvait encore...»

Quoi qu'il en soit, et quelque séduisantes que dussent paraître les impressions produites par ces inhalations, le protoxyde d'azote tomba dans l'oubli.

Ce n'est que quarante ans plus tard qu'un dentiste de Harford, Horace Wells, songea de nouveau à utiliser le protoxyde d'azote comme anesthésique. Il put, paraît-il, pratiquer plusieurs avulsions de dents sur des sujets rendus insensibles par ce procédé. Il voulut alors faire consacrer solennellement la vertu du protoxyde d'azote et proposa au professeur Warren, de Boston, de tenter une expérience publique. L'offre fut acceptée. Mais le résultat fut loin de répondre à l'attente du malheureux dentiste. Le patient que l'on devait opérer sans douleur poussa un cri perçant au moment où on lui arrachait la dent. Les huées de l'auditoire saluèrent ce résultat si peu annoncé.

Des expériences furent faites aussi en France. Les résultats en furent peu satisfaisants. Thénard, Vauquelin se trouvèrent assez mal de l'inhalation

du protoxyde d'azote. Dès les premières inspirations de ce gaz, Vauquelin tomba en défaillance, le poulx agité, les oreilles obsédées d'un bourdonnement intense, les yeux hagards et roulant dans leurs orbites ; il souffrait beaucoup, il avait perdu la voix, ses traits étaient décomposés : il resta environ deux minutes dans cet état. Des effets analogues se manifestèrent chez Thénard.

Le protoxyde d'azote était abandonné pour la seconde fois quand, il y a quelques années, des dentistes, puis des médecins américains le remirent en honneur.

D'Amérique il vint en France. M. Preterre est un des premiers qui en répandit l'usage. En présence des nombreux clients que valait à ce dentiste distingué ce pouvoir attrayant d'opérer sans douleur, nombre de ses confrères se mirent eux aussi à faire des inhalations de protoxyde d'azote.

De nouvelles recherches furent alors faites sur les propriétés de ce gaz. Parmi les plus récentes et les plus intéressantes, nous devons citer le travail de M. Krishaber.

M. le docteur Krishaber fit des expériences sur les animaux et sur l'homme. Chez des lapins soumis aux inhalations de protoxyde d'azote pur, il constata l'anesthésie complète après deux à quatre minutes, et la mort survint dans un temps moyen de sept minutes.

Le résultat de ces expériences est contraire à celui constaté par Zimmerman, qui rapporte avoir

pu plonger, sans le faire périr, un même lapin deux fois dans le protoxyde d'azote : la première fois, l'animal y séjourna vingt minutes et fut retiré au moment où l'asphyxie se manifestait d'une manière évidente ; la seconde, il resta dans le gaz pendant trois heures vingt minutes, sans y périr, mais en éprouvant les mêmes accidents d'asphyxie. Les deux fois, il revint sans peine à la vie. Hâtons-nous de dire que s'il faut tirer une conclusion de ces expériences de Zimmerman, c'est que cet expérimentateur se servait d'un gaz très-impur.

M. Krishaber soumit d'autres lapins à l'action du protoxyde d'azote mélangé d'air à volumes égaux : les mêmes accidents se reproduisirent avec une différence notable dans l'intensité et la durée des phénomènes.

Les expériences sur l'homme ont donné les résultats suivants : après cinq ou six minutes de respiration survenait une sorte d'ivresse avec sensation de déplacement ou de voyage. Le pouls, d'abord normal, s'accélérait avec les premières inspirations pour baisser sensiblement ensuite, et, à ce moment, survenaient des phénomènes asphyxiques qui faisaient suspendre aussitôt l'expérience : la face devenait pâle, la respiration stertoreuse et les lèvres livides.

Quant aux phénomènes anesthésiques proprement dits, ils ont offert une très-grande inconstance. Tandis que, même à la période asphyxique, certains sujets conservaient la sensation de piqure,

de pincement, chez d'autres diverses opérations, des extractions dentaires ont pu être faites sans douleur.

Aujourd'hui, ces inhalations sont fort répandues et on n'en est plus malheureusement à ne pouvoir citer les exemples de morts causées par elles.

Nous en rapporterons, entre autres, un cas con-
signé dans la *Gazette hebdomadaire* (1869).

« Miss Ida Windham, accompagnée du docteur Pattinson, vint chez M. Mason faire examiner une dent; celui-ci fut d'avis d'extraire une grosse molaire supérieure et, à la requête de la malade, lui administra le protoxyde d'azote qui, pour beaucoup de dentistes, remplace le chloroforme. Le docteur Pattinson assista à l'opération. Après quelques respirations on nota que le pouls devenait faible; l'inhalation fut suspendue. Cependant, la malade n'était pas insensible. M. Mason essaya d'extraire la dent, mais, la douleur était si vive, qu'il fut obligé de s'arrêter, et Miss Windham réclama une nouvelle application de l'anesthésie. L'opération sembla réussir, mais la dent venait d'être enlevée, quand la malade devint tout à coup d'une pâleur livide; il y avait danger imminent.

« On fit immédiatement venir le docteur Drake, on tenta tous les moyens pour ramener la vie, mais sans résultat; et en quelques minutes la malade était morte.

« Le docteur Pattinson a établi que la santé de Miss Windham avait été jusque-là très-bonne, et

fut d'accord avec le docteur Drake qu'il n'y avait pas avant ni après la mort de signe de maladie organique. Le docteur Drake attribua la mort à la paralysie des organes respiratoires causée par le protoxyde d'azote. »

On n'en est plus aujourd'hui à croire à l'innocuité du protoxyde d'azote ; son usage continue cependant à se répandre chaque jour davantage, et ce qui est plus grave, c'est qu'on ne se borne plus à pratiquer ces inhalations pour de simples avulsions de dents ; on les emploie même dans les accouchements.

C'est en présence de ces faits qu'il nous a paru intéressant d'entreprendre une étude sur les propriétés du protoxyde d'azote.

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES ET PRÉPARATION DU PROTOXYDE D'AZOTE

Propriétés. — Le protoxyde d'azote, composé oxygéné de l'azote, est un gaz incolore, inodore, d'une saveur légèrement sucrée. Il se liquifie à 0° sous la pression de 30 atmosphères. L'eau en dissout les $\frac{4}{5}$ ^{es} de son volume, l'alcool une plus forte proportion. Il rallume, comme l'oxygène, les corps offrant un point en ignition. On comprend facilement que la combustion des corps dans le protoxyde d'azote soit plus vive que dans l'air atmosphérique, puisque, à volume égal, comme nous le démontrerons tout à l'heure, ce gaz renferme beaucoup plus d'oxygène que l'air. Mais, pour que cette combustion puisse avoir lieu, il est une condition indispensable sur laquelle nous insistons tout particulièrement, et dont nous croyons pouvoir dès maintenant faire ressortir l'importance : la température du corps plongé dans le mélange gazeux doit être assez élevée pour que, la décomposition s'opérant, il puisse s'unir à l'oxygène qu'il contient. En sera-t-il ainsi dans l'acte respiratoire ? La combustion, dans ce cas, sera-t-elle as-

sez énergique pour que l'oxygène du protoxyde d'azote rendu libre puisse entretenir la vie?

Divers procédés s'offrent à nous pour établir la composition du protoxyde d'azote.

Dans une cloche courbe, placée sur le mercure, on introduit un volume déterminé de protoxyde d'azote et une substance capable de produire un composé fixe en s'emparant de l'oxygène de ce gaz, du sulfure de baryum par exemple. On chauffe la cloche. On mesure ensuite le volume occupé par le gaz et l'on peut constater que ce volume est précisément égal à celui du protoxyde d'azote employé, et que le gaz restant est de l'azote.

On peut arriver au même résultat à l'aide de l'analyse eudiométrique. C'est cette méthode que nous avons employée pour l'analyse du gaz expérimenté.

L'eudiomètre dont nous nous sommes servis est l'eudiomètre de Mitscherlich. On connaît cet instrument, qui se compose d'un long tube de verre gradué, à parois épaisses. A la partie supérieure de l'eudiomètre, et en deux points opposés, se trouvent scellés deux fils de platine qui sont recourbés à l'intérieur et dont les extrémités se rapprochent à une distance de un à deux millimètres. C'est à l'aide de ces fils que l'on détermine le passage de l'étincelle électrique dans l'instrument. L'ancienne méthode de disposer les fils librement en regard au centre de la partie supérieure de l'eudiomètre doit être abandonnée, puisqu'ils sont cou-

tinuellement dérangés de leur position quand on nettoie l'instrument ou qu'on le remplit de mercure.

L'eudiomètre rempli de mercure est retourné sur la cuve et on introduit dans le tube une quantité déterminée de protoxyde d'azote, soit 50 volumes, puis une quantité égale d'hydrogène.

Le tube étant alors solidement bouché à l'aide d'un bouchon de caoutchouc, on le porte sur la cuve à analyse. Les deux extrémités des fils de platine sont mis en communication avec une bobine de Rhumkorff, et l'on fait passer l'étincelle.

Reportant alors l'instrument sur la cuve à mercure, on le débouche et l'on voit le niveau du mercure s'élever. Après avoir laissé l'équilibre de la température s'établir, on reporte l'eudiomètre sur la cuve à analyse en fermant l'extrémité ouverte avec le pinceau; on lit alors le volume occupé par le gaz restant; inutile de dire que pour faire cette lecture les deux surfaces de mercure, celle du tube et celle de la cuve, devront être au même niveau. On observe que le volume occupé par le gaz est exactement le même que celui occupé par le protoxyde d'azote au début de l'expérience.

Que s'est-il passé? Les 50 volumes d'hydrogène introduits se sont, à la suite du passage de l'étincelle électrique, combinés avec de l'oxygène pour former de l'eau. Or, on sait que pour former ce composé, 50 volumes d'hydrogène demandent 25

volumes d'oxygène : ces 25 volumes ont été fournis par les 50 volumes de protoxyde d'azote. Le gaz restant est de l'azote : une allumette mise dans ce gaz s'éteint.

On peut donc, de cette expérience, tirer la conclusion suivante :

50 vol. de protoxyde d'azote = 50 vol. azote + 25 vol. oxygène.

ou

1 vol. de protoxyde d'azote = 1 vol. azote + $\frac{1}{2}$ vol. oxygène.

Peut-être n'est-il pas inutile, à propos de cette méthode d'analyse, de s'arrêter sur certains détails de maniement.

Tout d'abord, il n'est pas sans avantage, pour faire passer l'étincelle, de se servir d'un commutateur ; on ne sera pas exposé ainsi aux secousses électriques ; l'eudiomètre sera aussi recouvert à ce moment d'un linge épais ; ce n'est là qu'une mesure de prudence, mais elle n'est pas inutile : lorsque la combustion est trop forte, l'eudiomètre peut être brisé et les fragments de verre projetés violemment. Nous nous sommes bien trouvés de ces précautions dans quelques cas où notre eudiomètre a éclaté.

Il est d'autres précautions bonnes à prendre aussi au point de vue de l'exactitude de l'expérience.

Le gaz introduit et l'eudiomètre bouché, on devra s'assurer qu'il ne reste pas de mercure inter-

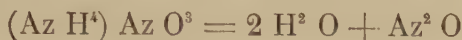
posé entre les fils de platine et que les parois extérieures du tube sont sèches ; sans quoi le courant se perdrait et l'étincelle ne pourrait se produire.

Nous avons dit que, l'étincelle passée, l'eudiomètre devait être porté sur la cuve à mercure pour y être débouché, et permettre à l'absorption de se faire, puis remis de nouveau sur la cuve, où sera faite la lecture. On peut être exposé, dans ces transports, à laisser entrer de l'air dans le tube, dont l'ouverture assez large n'est pas fermée avec le doigt sans une certaine difficulté. Nous croyons utile d'indiquer le procédé que nous avons employé pour éviter ces inconvénients :

Au fond de la cuve à mercure, et taillée de façon à s'y appliquer exactement, est placée une plaque épaisse de caoutchouc. L'extrémité ouverte de l'eudiomètre est fortement pressée contre cette plaque et invariablement maintenue dans cette position par une pince de fer mobile dont la partie inférieure présente une cavité garnie de liège s'emboîtant exactement sur l'extrémité fermée de l'eudiomètre. Lorsque l'étincelle est passée, il suffit de relever la pince de fer, et le mercure rentre tout naturellement dans l'eudiomètre soulevé. Grâce à ce procédé, on n'a pas besoin de faire ces transports incessants de l'instrument qui peuvent offrir de grandes chances d'erreur.

Préparation. — On prépare le protoxyde d'a-

zote en chauffant dans une cornue de l'azotate d'ammoniaque cristallisé ; par la chaleur le sel fond en formant du protoxyde d'azote et de la vapeur d'eau comme l'indique la formule suivante :



Mais cette préparation du protoxyde d'azote devra être faite avec le plus grand soin, si l'on ne veut s'exposer à de graves mécomptes en expérimentant ensuite le gaz.

L'azotate d'ammoniaque cristallisé pur est introduit dans un ballon fermé à l'aide d'un bouchon traversé par un tube de verre ; l'on chauffe d'abord légèrement jusqu'à ce que tout le sel soit fondu. Du gaz commence alors à se dégager, mais, au début, ce n'est que de la vapeur d'eau ou de l'air qui s'échappe ; on reconnaîtra la présence du protoxyde d'azote quand, présentant à l'extrémité du tube de dégagement une allumette offrant un point en ignition, elle sera rallumée. Ce fait constaté, on ne devra, cependant, pas recueillir directement le gaz dans les ballons devant servir aux expériences. Avec quelque soin qu'ait été préparé l'azotate d'ammoniaque, il peut donner lieu à des dégagements de chlore, de bioxyde d'azote, etc., en même temps que de protoxyde d'azote, gaz qui par leur présence fausseraient étrangement le résultat des expériences.

Le protoxyde d'azote, avant d'être recueilli, devra donc être mis à barboter à travers divers flacons-

laveurs contenant de l'eau distillée pour condenser la vapeur d'eau; une solution de potasse capable d'absorber le chlore, l'acide carbonique; un troisième flacon renfermera une solution de sulfate de fer. On sait que ce sel a la propriété d'absorber le bioxyde d'azote, en même temps que sa couleur, primitivement d'un bleu verdâtre, devient alors rouge brique plus ou moins foncé. Le bioxyde d'azote, en outre, aussitôt qu'il se trouve en contact avec l'air, dégage des vapeurs rutilantes d'acide hypoazotique. Nous nous expliquons donc difficilement qu'on ait pu attribuer à ce gaz, dont la présence se dénote si facilement, les accidents survenus pendant les inhalations de protoxyde d'azote.

Ce n'est que lorsque le gaz a passé à travers ces divers flacons-laveurs qu'il peut être recueilli pour servir aux expériences. Nous ne saurions trop insister sur toutes ces précautions de la préparation, sans lesquelles on ne peut tirer aucune conclusion vraie du gaz expérimenté. C'est sans doute à la mauvaise préparation du gaz qu'il faut en partie attribuer les résultats en apparence si divers donnés par l'expérimentation sur les inhalations du protoxyde d'azote.

LE PROTOXYDE D'AZOTE PUR PEUT-IL ENTRETENIR LA VIE?

Le gaz protoxyde d'azote peut-il entretenir la vie pendant un temps plus ou moins long? Telle était la première question que nous devons nous poser.

Nous avons vu, en étudiant la composition du protoxyde d'azote, que pour deux volumes d'azote il renfermait un volume d'oxygène : nous devons chercher si ce gaz si riche en oxygène ne pouvait servir à la respiration. Un corps offrant un point en ignition se rallume en présence de ce gaz comme en présence de l'oxygène : cette décomposition du protoxyde d'azote par un corps incandescent se produit-elle aussi dans l'acte respiratoire?

La respiration étant une véritable combustion comme l'ont démontré les célèbres travaux de Lavoisier, combustion s'effectuant intérieurement et consistant dans la combinaison de l'oxygène de l'air avec le carbone de l'organisme pour former du gaz acide carbonique, on devait se demander si cette combustion serait assez énergique pour décomposer le protoxyde d'azote et si ce gaz, cédant

ainsi tout ou partie de son oxygène, serait alors capable d'entretenir la vie.

Nous avons cherché à élucider ce premier point en expérimentant sur des plantes et sur des animaux.

A. Végétaux. — Dans une première série d'expériences sur les végétaux nous avons recherché si des graines d'orge et de cresson pourraient germer dans une atmosphère de protoxyde d'azote pur et si la germination déjà commencée continuerait à s'effectuer en présence de ce gaz. Or, on sait, d'après les célèbres expériences de de Saussure, que la germination et le développement des plantes est impossible en dehors d'un milieu contenant de l'oxygène, les graines n'ayant jamais germé dans l'azote, l'hydrogène, l'acide carbonique, etc. On sait aussi, d'autre part, qu'il suffit d'une quantité extrêmement faible d'oxygène pour que la germination ait lieu (Sennebier). Si donc en présence du protoxyde d'azote les graines ne germent pas, c'est que ce gaz n'a pu être décomposé, ni fournir même la quantité si minime d'oxygène utile pour le développement des plantes. Nous avons fait les expériences suivantes :

EXPÉRIENCE N° 1.

Sous une cloche d'une capacité de 2 litres 5.

renfermant du protoxyde d'azote pur, nous introduisons des grains de cresson et d'orge placés sur du papier à filtre humide; sous une seconde cloche de même capacité, mais contenant de l'air ordinaire, nous plaçons comparativement des graines semblables, disposées de la même façon.

Au bout de neuf jours, les graines placées dans l'atmosphère de protoxyde d'azote ne présentaient aucune trace de germination; celles, au contraire, qui avaient été mises dans l'atmosphère d'air ordinaire entraient en complète germination dès le troisième jour.

EXPÉRIENCE N° 2.

Sous une cloche d'une capacité de 2 litres renfermant du protoxyde d'azote pur, on place des graines d'orge et de cresson disposées comme dans l'expérience précédente.

Quinze jours après le début de l'expérience les graines n'avaient pas germé. On fait alors rentrer sous la cloche quelques centièmes d'oxygène; trois jours après la germination se produisait.

EXPÉRIENCE N° 3.

Des graines d'orge et de cresson en voie de développement sont mises dans une atmosphère de protoxyde d'azote pur.

Le développement s'arrête. On laisse rentrer de

l'air atmosphérique sous la cloche, les graines se développent de nouveau.

De ces diverses expériences nous croyons pouvoir conclure que l'oxygène du protoxyde d'azote ne peut être utilisé par les plantes pour leur respiration, et que, si le contraire a été dit, c'est que le gaz expérimenté, imparfaitement pur, contenait une faible quantité d'oxygène : nous avons vu, en effet, qu'il suffisait de laisser rentrer sous les cloches en expérience quelques centièmes de gaz pour produire la germination ; ce qui nous paraît bien démontrer que c'était à l'absence de l'oxygène qu'était dû l'arrêt de développement des plantes.

B. Animaux.— Les faits que nous venons de constater dans le règne végétal se produiront-ils aussi pour les animaux ? L'acte respiratoire plus énergique chez ces derniers amènera-t-il quelques modifications à ces premières données ?

Expérimentant sur divers animaux, nous avons observé les phénomènes suivants.

EXPÉRIENCES 4, 5, 6, 7, 8.

Une grenouille placée dans un ballon contenant du protoxyde d'azote pur mourait au bout de deux heures de séjour dans ce gaz.

Nous avons placé sous une cloche renfermant 2 litres 5 de protoxyde d'azote pur, un moineau : la mort avait lieu après 30 secondes.

— Un cobaye, respirant par la trachée du protoxyde d'azote pur, mourait après deux minutes trente secondes.

— Un lapin, respirant aussi par la trachée du protoxyde d'azote pur, mourait après deux minutes vingt-quatre secondes.

— Un chien est mis à respirer du protoxyde d'azote pur : mort après quatre minutes.

Les résultats de ces expériences sur les animaux concordent avec ceux que nous ont fournis nos expériences sur les végétaux : Mis à respirer du protoxyde d'azote pur, les animaux meurent tous très-rapidement. Malgré la forte proportion d'oxygène qu'il renferme, le protoxyde d'azote ne peut donc servir à la respiration, la combustion respiratoire n'étant pas assez énergique pour en opérer la décomposition. Si certains auteurs ont cru pouvoir conclure que le protoxyde d'azote est un gaz respirable, c'est qu'ils expérimentaient avec du protoxyde d'azote impur contenant une quantité plus ou moins grande d'oxygène, suivant le temps plus ou moins long que vivaient les animaux dans des mélanges gazeux, d'ailleurs peu comparables.

Ainsi, il n'y a pas de décomposition du protoxyde d'azote pendant la respiration. Du reste, peut-être y aurait-il lieu de se demander jusqu'à quel point cette décomposition pourrait servir à l'entretien de la vie. De l'oxygène, il est vrai, mais en même

temps une notable quantité d'azote serait mise alors en liberté : quels phénomènes produirait ce dernier gaz dans le torrent circulatoire ?

Nous verrons plus loin en étudiant le sang en quelle faible proportion l'azote est dissous dans ce liquide. L'augmentation très-notable de ce gaz que produirait la décomposition du protoxyde d'azote ne pourrait manquer d'amener des troubles sérieux dans l'organisme. Les remarquables expériences de M. P. Bert sur l'air comprimé nous font voir, en effet, que les animaux portés à la pression de plusieurs atmosphères et qu'on ramène ensuite brusquement à la pression normale, meurent par suite de l'obstacle apporté à la circulation par l'azote mis en liberté dans le sang.

A notre première question nous croyons donc pouvoir répondre que pas plus chez les animaux que chez les végétaux, le protoxyde d'azote ne peut entretenir la vie.

LE PROTOXYDE D'AZOTE AGIT-IL COMME UN GAZ INERTE ?

Nous avons vu que le protoxyde d'azote pur ne pouvait entretenir la respiration ; que la mort survenait chez les animaux après quelques minutes de l'inhalation de ce gaz. Cette mort doit-elle être attribuée seulement à une inertie du gaz qui agirait alors comme les autres gaz inertes, hydrogène et azote, ou n'aurait-il pas quelques propriétés particulières pouvant déterminer quelques phénomènes spéciaux.

Tel est le second point que nous nous proposons d'examiner.

Nous demander si le protoxyde d'azote agit comme un gaz inerte, c'est nous amener à faire quelques expériences comparatives avec l'un de ces gaz.

Dans les expériences suivantes, nous soumettrons comparativement des animaux à des inhalations de protoxyde d'azote et d'hydrogène, et nous noterons les phénomènes qui se présenteront dans l'un et l'autre cas, nous attachant surtout à examiner le degré de sensibilité qu'offriront les animaux

en expérience, puisque c'est au point de vue anesthésique que le protoxyde d'azote est en usage.

EXPÉRIENCE 10.

Nous avons placé comparativement dans divers ballons remplis chacun des gaz purs suivants : protoxyde d'azote, acide carbonique, oxyde de carbone, hydrogène, azote, — des grenouilles. Tandis que les grenouilles plongées dans l'hydrogène, l'azote et l'oxyde de carbone ne mourraient qu'après trois heures et plus de séjour dans ces gaz, en présentant à la fin de la stupeur et de la somnolence, celles placées dans l'acide carbonique étaient prises tout d'abord et mouraient très-rapidement. Les grenouilles placées dans le protoxyde d'azote venaient après et succombaient après 2 heures 30 de séjour dans le gaz.

EXPÉRIENCE 11.

Deux chats de trois jours, à jeun depuis 24 heures, sont placés sous deux cloches de même capacité contenant, l'une du protoxyde d'azote, l'autre de l'hydrogène.

3 minutes après avoir été plongés dans ces atmosphères, les deux animaux ne présentent rien de particulier et sont très-sensibles.

5 minutes après le début de l'expérience, ils paraissent sommeiller l'un et l'autre, mais ils conser-

vent, cependant, leur sensibilité, comme il est facile de le constater en leur serrant les pattes dans les mors d'une pince introduite sous les cloches placées sur un bain de mercure.

10 minutes après, la sensibilité est très-émoussée chez l'un et l'autre chat; le pincement des pattes détermine, néanmoins, des mouvements généraux.

14 minutes après, l'animal mis sous la cloche contenant du protoxyde d'azote n'est plus sensible; celui respirant l'hydrogène est encore un peu sensible, mais d'une façon très-peu marquée.

17 minutes après, les deux animaux respirent encore, mais n'offrent ni l'un ni l'autre aucune trace de sensibilité.

20 minutes après, les deux chats meurent.

EXPÉRIENCE 12.

Un chien de forte taille, du poids de 15 kilogrammes, est mis à respirer dans un sac contenant 150 litres environ d'hydrogène. L'expérience est disposée de telle façon que l'animal inspire dans le sac et expire au dehors. 2 minutes après le chien n'est plus sensible ni à l'œil ni au pincement du nerf sciatique. L'animal se raidit, les respirations se ralentissent, semblent même s'arrêter un instant.

Le chien est alors mis à respirer au dehors; la sensibilité est trouvée très-marquée 5 minutes après qu'on a cessé les inhalations d'hydrogène.

EXPÉRIENCE 13.

On fait respirer un chien dans un sac contenant 120 litres de protoxyde d'azote pur. Comme dans l'expérience précédente, l'animal expire au dehors pour éviter toute complication pouvant résulter de la présence de l'acide carbonique.

2 minutes après, l'animal est sensible au pincement.

4 minutes après, perte de la sensibilité : le pincement des orteils, l'excitation du nerf sciatique ne donnent lieu à aucune manifestation.

EXPÉRIENCE 14.

On fait respirer par la trachée un cobaye dans un sac contenant huit litres de protoxyde d'azote pur.

35 secondes après l'animal est très-sensible au pincement des pattes.

45 secondes. — La respiration est très-génée, la sensibilité reste intacte.

On fait respirer l'animal à l'air libre, il revient en quelques secondes.

30 minutes après on fait respirer au cobaye le protoxyde d'azote pur.

1 minute 45 secondes après la respiration du gaz, la sensibilité est conservée.

2 minutes 20 secondes après, la sensibilité est éteinte.

2 minutes 30 secondes, mort de l'animal.

Que pouvons-nous conclure de ces diverses expériences ?

Au point de vue de la sensibilité, nous constatons bien chez les animaux, après quelques minutes de respiration du protoxyde d'azote, de l'anesthésie ; mais cette perte de la sensibilité ne survient-elle pas aussi chez les animaux respirant l'hydrogène, et ne remarquons-nous pas que dans l'un et l'autre cas cette insensibilité ne se produit que peu de temps avant la mort. Nous ne pouvons rien voir dans ces phénomènes qui puisse être attribué à une propriété spéciale au protoxyde d'azote : lorsque les animaux mis en expérience n'offraient plus de sensibilité, qu'ils fussent dans une atmosphère de protoxyde d'azote ou d'hydrogène, ils présentaient tous les symptômes de l'asphyxie, et n'est-ce pas à elle seule que l'on doit rapporter les phénomènes observés ? On sait, en effet, d'après les expériences de M. Bert, que l'insensibilité arrive chez les animaux asphyxiés dont le sang ne contient que 2 à 4 % d'oxygène.

MÉLANGÉ A L'OXYGÈNE LE PROTOXYDE A-T-IL UNE ACTION SUR LA SENSIBILITÉ ?

La rapidité avec laquelle la mort survenait chez les animaux soumis aux inhalations du protoxyde d'azote pur rendait fort difficile pour nous l'observation des phénomènes produits par l'absorption de ce gaz. Cette mort étant due en grande partie à l'asphyxie, il fallait nous efforcer d'empêcher ou retarder cette asphyxie pour nous permettre une étude plus précise de l'action du protoxyde d'azote.

Nous fîmes alors des mélanges gazeux d'oxygène et de protoxyde d'azote. Les animaux soumis à la respiration de ces mélanges devaient par suite de la présence de l'oxygène être à l'abri de l'asphyxie proprement dite pendant un certain temps du moins, et, comme le protoxyde d'azote entrait pour une forte proportion dans ces atmosphères, il pourrait, néanmoins, manifester clairement son pouvoir.

Nous pourrions aussi faire des mélanges contenant 20 % d'oxygène, le reste étant du protoxyde d'azote : dans ces proportions, l'oxygène étant en quantité à peu près égale à celle contenue dans l'air atmosphérique, le protoxyde d'azote remplaçant

l'azote, il nous sera possible de faire des expériences comparatives sur des animaux soumis à ces mélanges et d'autres renfermés dans une atmosphère confinée d'air ordinaire.

Le protoxyde d'azote dans ces conditions, les causes d'asphyxie étant écartées, produira-t-il cependant quelques troubles du côté de la sensibilité?

Avant de rapporter ces nouvelles expériences, nous croyons bon d'indiquer le procédé que nous avons employé pour faire respirer ces mélanges gazeux aux animaux en expérience. Ces inhalations devant se prolonger un certain temps, il devenait, dès lors, fort important d'empêcher l'acide carbonique expiré de venir se mêler à l'atmosphère gazeuse expérimentée. La présence de ce gaz pouvait donner lieu à un commencement d'asphyxie qui fausserait le résultat des expériences; l'animal devait donc inspirer dans le sac contenant le mélange gazeux et expirer au dehors. Nous sommes arrivés à ce résultat en nous servant dans toutes les expériences de ce genre de l'appareil suivant qu'a fait construire le docteur Jolyet.

Cet appareil se compose d'un tube en T, en verre, dont la branche verticale offre deux renflements sphériques, l'un supérieur, l'autre inférieur à la branche horizontale. Dans chaque renflement se trouve une balle de caoutchouc creuse destinée à servir de soupape. La bouche étant adaptée par l'intermédiaire d'une embouchure à la branche ho-

horizontale, l'inspiration a lieu; à ce moment une tendance au vide se produit dans le vestibule; la balle supérieure s'applique hermétiquement sur l'ouverture du tube qui l'arrête, tandis que la boule inférieure libre est soulevée, et le gaz est introduit dans la poitrine. L'expiration a lieu, un mouvement inverse des soupapes se produit et le gaz expiré est chassé au dehors sans pouvoir pénétrer dans le récipient servant à l'expérience. On peut aussi, à l'aide de cet appareil, en adaptant un ballon à l'extrémité supérieure, recueillir le gaz expiré.

Nous pensons devoir exposer aussi le procédé d'analyse des mélanges gazeux qui nous a servi dans nos expériences.

C'est le procédé suivant, qu'a bien voulu nous indiquer M. Grehant.

Le mélange à analyser, composé d'oxygène, de protoxyde d'azote et d'azote, est introduit dans l'eudiomètre.

On note le volume occupé par le mélange : soit V ce volume.

Nous représenterons aussi par x le volume de l'oxygène, par y celui du protoxyde d'azote et par z celui de l'azote entrant dans le mélange gazeux.

Nous pouvons donc établir l'équation suivante :

$$x + y + z = V$$

On introduit alors dans l'eudiomètre un certain volume d'hydrogène, ce volume étant plus que suf-

fisant pour se combiner avec l'oxygène du protoxyde d'azote et tout l'oxygène libre contenu dans le mélange gazeux.

Représentons par b le volume d'hydrogène introduit.

On donne l'étincelle. Après la combustion, on a un nouveau volume gazeux dans l'eudiomètre. Soit r ce nouveau volume.

Or, le volume disparu est égal au volume primitif, plus le volume d'hydrogène ajouté, moins le volume gazeux restant après l'étincelle, soit :

$$V + b - r$$

On sait que l'oxygène se combine avec deux fois son volume d'hydrogène pour former de l'eau et qu'il disparaît alors un volume égal par conséquent à trois fois le volume d'oxygène.

L'oxygène du protoxyde d'azote rendu libre par le passage de l'étincelle se combinera aussi avec l'hydrogène, et pour cette combinaison emploiera un volume double à lui et égal par suite au volume de protoxyde d'azote dans lequel il rentre pour moitié. En même temps que disparaîtra cet oxygène, il sera remplacé par un volume égal d'azote : en somme donc il ne disparaîtra qu'un volume égal au volume du protoxyde d'azote.

Nous pouvons donc, nous servant des signes convenus, établir l'équation suivante :

$$V + b = r = 3x + y.$$

On ajoute alors au volume restant un volume d'oxygène capable de brûler tout l'hydrogène qui n'a pas servi dans la première combustion, et on a par suite dans la cloche un nouveau volume égal au premier reste, plus l'oxygène ajouté.

On fait passer l'étincelle.

Le volume disparu est égal au volume existant après la première étincelle, plus la quantité ajoutée d'oxygène, moins le volume existant alors.

Représentons par r' ce volume, par d le volume ajouté d'oxygène ; le second volume disparu est donc :

$$r + d - r'$$

Les $\frac{2}{3}$ du volume disparu donnent l'hydrogène employé. Représentons par e cette quantité d'hydrogène.

Or, on avait introduit au début un volume connu d'hydrogène que nous avons représenté par b .

Si de cette quantité b d'hydrogène on retranche la quantité e de ce même gaz, disparue dans la seconde combustion, on aura la quantité d'hydrogène qui a servi à la première combustion.

Mais nous savons que x d'oxygène a employé $2x$ d'hydrogène, que y de protoxyde d'azote a employé y d'hydrogène.

On peut donc établir l'équation suivante :

$$b - e = 2x + y$$

On a donc à résoudre les trois équations suivantes.

$$\begin{aligned} x + y + z &= V \\ 3x + y &= V + b - r \\ 2x + y &= b - e \end{aligned}$$

D'où l'on tire facilement la valeur de x, y, z .

Rapportons maintenant quelques-unes des expériences que nous avons faites avec ces mélanges.

EXPÉRIENCE 15.

Dans un ballon d'une capacité d'un litre et demi et contenant le mélange suivant : 300° d'oxygène et 1200° de protoxyde d'azote, on met deux grenouilles. Vingt-quatre heures après le début de l'expérience, elles ne présentaient aucun phénomène appréciable; sensibilité très-vive au moindre pincement des pattes.

EXPÉRIENCE 16.

Deux grenouilles sont mises dans un ballon contenant 300° d'oxygène à 60 % et un litre de protoxyde d'azote.

Cinq jours après, elles ne présentaient aucun signe d'anesthésie.

EXPÉRIENCE 17.

Sous une cloche contenant le mélange gazeux suivant : 4 litres de protoxyde et 600^{cc} d'oxygène, on place un moineau.

La cloche était sur la cuve à mercure; l'animal a été rapidement passé sous le métal, et une plaque de verre introduite ensuite pour éviter le contact refroidissant du liquide.

1 heure après : même état, pas de changement dans l'allure de l'oiseau.

1 heure 30 : l'animal est haletant. On recueille de l'air de la cloche qui donne à l'analyse 9,2 % d'acide carbonique. L'oiseau, mis à l'air, revient très-vite.

EXPÉRIENCE 18.

Un moineau est mis dans une cloche de 2 litres contenant une atmosphère artificielle d'oxygène et de protoxyde d'azote dans les proportions de 18 d'oxygène et de 82 de protoxyde d'azote pour 100.

L'oiseau reste calme; il commence alors à être gêné dans sa respiration.

2 heures 15 après le début de l'expérience, l'animal est haletant.

2 heures 30, mort de l'animal.

L'analyse des gaz de la cloche a donné 12 pour 100 d'acide carbonique et 3 pour cent d'oxygène.

EXPÉRIENCE 19.

On met un moineau dans un mélange de 500^{cc} d'oxygène et 2000^{cc} de protoxyde d'azote.

L'oiseau est assez agité, saute incessamment dans la cloche.

45 minutes après, le moineau, qui jusque-là n'avait présenté aucun phénomène particulier, commence à être gêné.

1 heure 50 : l'oiseau est très-haletant.

2 heures 05 : il meurt.

L'analyse des gaz de la cloche donne pour 100 : acide carbonique, 12; oxygène, 4,3; protoxyde d'azote, 79; azote 4,7.

EXPÉRIENCE 20.

On place comparativement dans deux cloches égales, l'une remplie d'air, l'autre de protoxyde d'azote et d'oxygène dans les proportions de l'air, remplaçant l'azote par le protoxyde d'azote, deux moineaux.

1 heure 30 après le début de l'expérience, un peu de gêne dans la respiration commence à se manifester également chez l'un et l'autre oiseau.

2 heures : les oiseaux sont haletants, gonflés et assez semblables.

3 heures : on trouve les animaux morts.

On fait l'analyse de l'air des cloches et on trouve :

Pour l'air normal et pour 100 : 11 d'acide carbonique, 6 d'oxygène.

Dans l'atmosphère de protoxyde d'azote et d'oxygène : acide carbonique, 12 pour 100; oxygène 5,8 pour 100.

Nous voyons par ces expériences que, mélangé ainsi à l'oxygène, le protoxyde d'azote ne donne lieu à aucun phénomène chez les oiseaux. Dans ces conditions, les moineaux se conduisent comme ceux soumis à une atmosphère confinée : ils consomment également leur oxygène et produisent la même quantité d'acide carbonique. La mort n'arrive que lorsque le milieu dans lequel ils respirent ne contient que 3 à 5 pour 100 d'oxygène et 12 pour 100 d'acide carbonique.

Expérimentant ensuite sur des mammifères, nous avons constaté les faits suivants :

EXPÉRIENCE 21.

On fait respirer à un petit chien un mélange de protoxyde d'azote et d'oxygène dans les proportions de l'air atmosphérique, remplaçant l'azote par le protoxyde d'azote.

L'animal respire au moyen d'une muselière de caoutchouc à l'extrémité de laquelle on a adapté l'appareil du docteur Jolyet, le mélange contenu dans un sac : l'animal inspire donc les gaz du sac

et expire au dehors, et, par ce fait, il n'y a point complication d'asphyxie par l'acide carbonique.

On met l'animal à respirer le mélange pendant 22 minutes. Pendant tout ce temps l'animal reste sensible à l'œil et la galvanisation de son nerf sciatique à un faible courant produit une vive douleur.

Pas de stupeur, ni de somnolence : l'animal regarde quand on l'appelle.

EXPÉRIENCE 22.

Un cobaye est mis sous une cloche de 5 litres 6 contenant le mélange gazeux pour 100 : 22 d'oxygène et 78 de protoxyde d'azote.

30 minutes après le début de l'expérience, l'animal examiné présente toute sa sensibilité; il s'agite.

1 heure. Le cobaye est sensible au pincement de la patte; il paraît à l'état normal.

1 heure 40. L'animal respire difficilement, est couché sur le côté, encore sensible au pincement.

2 heures 55. Il est mourant, ne respire plus qu'à de longs intervalles.

3 heures 20. Mort de l'animal.

On prend alors de l'air de la cloche dont l'analyse donne pour 100 : 5 d'oxygène, 25 acide carbonique, 70 protoxyde d'azote.

Nous voyons par le résultat de ces expériences que, mélangé à l'oxygène dans les proportions de 18 à 20 pour 100 d'oxygène, le protoxyde d'azote ne donne lieu à aucun phénomène d'anesthésie.

Mis à respirer ces mélanges, les animaux conservent toute leur sensibilité, et la mort n'arrive chez eux que quand ils n'ont plus à leur disposition une atmosphère suffisamment riche en oxygène; ils meurent alors par asphyxie, comme ceux renfermés dans une atmosphère confinée d'air ordinaire.

En présence de ces faits, nous ne pouvons attribuer une propriété anesthésique au protoxyde d'azote, puisque dans ces proportions plus que suffisantes de 70 à 80 pour 100 pour manifester son pouvoir, il ne produit aucun effet sur la sensibilité. Les troubles observés lors de la respiration du protoxyde d'azote pur nous paraissent donc devoir être rapportés uniquement à l'asphyxie, puisque nous ne les voyons pas se reproduire quand à ce gaz nous ajoutons de l'oxygène.

RECHERCHES SUR LE SANG

Dans d'intéressantes expériences, M. Claude Bernard a insisté avec beaucoup de justesse sur ce point, que c'était en pénétrant dans le système artériel et mis par le sang en contact avec les divers éléments anatomiques qu'agissaient les médicaments et les poisons.

On sait aussi avec quelle rapidité l'absorption se produit par les voies respiratoires.

Il devait donc être intéressant d'étudier la composition des gaz du sang des animaux soumis aux inhalations de protoxyde d'azote, connaissant surtout la grande solubilité de ce gaz dans l'eau. Avant de rapporter les expériences faites dans ce but, nous rappellerons rapidement la composition des gaz du sang normal, et nous indiquerons le procédé dont nous nous sommes servis dans nos analyses.

Au point de vue qualitatif le sang contient :

De l'azote dissous ;

De l'oxygène combiné presque tout entier avec l'hémato-cristalline ;

De l'acide carbonique en partie dissous, en partie maintenu dans des combinaisons plus ou moins

stables avec les phosphates alcalins et les alcalis libres du sang.

En prenant une moyenne générale, on peut dire que le sang artériel contient pour 100^c de sang : oxygène, 15 à 20 ; acide carbonique, 30 à 40 ; azote, 1,7 à 2.

Pour le sang veineux, les moyennes varient un peu pour les proportions de l'oxygène et de l'acide carbonique.

Passant maintenant à l'analyse des gaz du sang, nous dirons que cette opération comprend trois phases distinctes : prendre du sang à l'animal en expérience, extraire les gaz de ce sang, faire l'analyse de ces gaz.

Extraction du sang. — Une canule de métal, présentant à son extrémité un léger renflement permettant de la fixer solidement, est introduite dans l'artère ; une serre-fine comprimant légèrement le vaisseau, empêche l'hémorrhagie de se produire, et à l'aide d'une seringue on fait l'extraction du sang. Cette seringue est en verre et graduée ; on peut ainsi voir la coloration que présente le sang à sa sortie de l'artère et en prendre une quantité bien déterminée : il est bon, pendant cette opération, pour éviter toute cause d'erreur, que le piston de la seringue soit recouvert d'eau.

Extraction des gaz. — Nous nous sommes servis, dans toutes nos expériences, de la pompe à

mercure. Nous ne croyons pas devoir décrire cet appareil, bien connu dans les laboratoires, et qui permet d'extraire les gaz avec une grande précision.

C'est dans un ballon de verre communiquant avec cette pompe, ballon dans lequel le vide complet a été fait au préalable, qu'est rapidement porté le sang. Un eudiomètre rempli de mercure est placé sur la cuvette supérieure de la pompe, et c'est dans cet eudiomètre que l'on recueille les gaz.

Analyse des gaz. — Le gaz recueilli est un mélange d'oxygène, d'acide carbonique, de protoxyde d'azote et d'azote. A l'aide d'un bâton de potasse, on absorbe l'acide carbonique. Quant au dosage des gaz restant, nous nous sommes servis du procédé déjà indiqué pour l'analyse des mélanges gazeux de même composition.

Avant d'étudier le sang des animaux soumis aux respirations de protoxyde d'azote, nous avons entrepris quelques expériences *in vitro*, afin de rechercher quel était le plus grand volume de protoxyde d'azote qui pouvait être absorbé par le sang et en quelle proportion avait lieu cette absorption, et pour le serum seul et pour le serum mêlé de globules.

EXPÉRIENCE 23.

On place dans deux vases d'égale capacité contenant du protoxyde d'azote pur, dans l'un 45^{cc} de

serum, dans l'autre 45^{cc} de serum avec des globules
Ces vases sont agités à l'aide d'un moteur pendant
50 minutes.

On fait alors l'analyse des gaz, qui fournit les
résultats suivants :

Pour le serum avec globules et pour 100^{cc} :

Oxygène.	10,8
Protoxyde d'azote. . . .	76,5
Azote.	2,0
Acide carbonique. . . .	19,4

Pour le serum et pour 100^{cc} :

Oxygène.	0,0
Protoxyde d'azote. . . .	72,7
Azote.	2,1
Acide carbonique. . . .	35,4

EXPÉRIENCE 24.

On introduit dans un vase rempli de protoxyde
d'azote pur 60^{cc} de sang défibriné, et l'agitation
est faite au moyen du moteur pendant 1 heure
30 minutes.

On laisse reposer le sang pendant quelques mi-
nutes; les gaz sont ensuite extraits par la pompe à
mercure : l'analyse donne pour 100^{cc} de sang :

Oxygène.	17,2
Protoxyde d'azote. . . .	71,2
Acide carbonique. . . .	30,7
Azote.	1,5

Deux jours après, avec le même sang, on rechercha la capacité d'absorption du serum seul et du serum avec les globules par le même procédé. 100^{cc} de serum avec globules contenaient, après 1 heure d'agitation :

Oxygène	1,6
Protoxyde d'azote. . . .	74,5
Acide carbonique. . . .	36,4
Azote.	1,9

100^{cc} de serum pur, dans les mêmes conditions ont donné :

Oxygène.	0,9
Protoxyde d'azote. . . .	70,0
Acide carbonique. . . .	39,4
Azote.	2,0

EXPÉRIENCE 25.

Dans un vase contenant le mélange gazeux suivant pour 100 : 20 d'oxygène et 80 de protoxyde d'azote, on introduit 40^{cc} de sang artériel.

Le sang est agité au moyen du moteur pendant 20 minutes; on prend alors 25^{cc} de sang dont on fait l'analyse, et qui donne pour 100^{cc} :

Oxygène.	17,6
Protoxyde d'azote. . . .	64,8
Acide carbonique. . . .	25,6
Azote.	2,1

Le résultat de ces expériences ne nous fournit pas de différences bien tranchées au point de vue de l'absorption du protoxyde d'azote par le serum et le plasma. On voit, cependant, que le volume du gaz dissous par le serum mêlé de globules est plus considérable que celui du serum pur, fait déjà signalé, du reste, par M. Ritter, dans une thèse fort intéressante soutenue pour le doctorat ès sciences.

Nous avons soumis aussi à l'examen spectroscopique du sang agité avec du protoxyde d'azote pur. Cet examen ne nous a fourni aucun renseignement.

Nous arrivons maintenant à nos expériences sur le sang des animaux respirant du protoxyde d'azote. Ces expériences seront de deux ordres. Nous soumettrons tout d'abord ces animaux à la respiration du protoxyde pur, et nous leur ferons une extraction de sang au moment précis où nous verrons disparaître la sensibilité. Dans une seconde série d'expériences, les animaux respireront des mélanges de protoxyde d'azote et d'oxygène dans des rapports se rapprochant de ceux de l'air, remplaçant l'azote par le protoxyde d'azote ; après un certain temps de respiration, et après nous être bien assuré que les animaux en expérience ont toute leur sensibilité, nous leur prendrons une quantité donnée de sang dont nous ferons l'analyse. Nous comparerons alors les résultats fournis dans l'un et l'autre cas. Si le protoxyde d'azote est réel-

lement un anesthésique, il est bien évident que le sang pris chez l'animal respirant le mélange de protoxyde d'azote et d'oxygène, et conservant toute sa sensibilité, ne devra nous fournir qu'une très-petite quantité de protoxyde d'azote, nullement comparable avec celle contenue dans le sang de l'animal respirant le protoxyde d'azote pur et étant insensible. Si, au contraire, comme nous le pensons, cette proportion de protoxyde d'azote dissous est à peu près semblable dans l'un et l'autre cas, la présence de ce gaz ne pourra être invoquée pour expliquer l'anesthésie, puisque nous la verrons manquer dans le cas où le sang en contiendra la même quantité. Il faudra en chercher la cause ailleurs. Comme nous l'avons fait pour le protoxyde d'azote, nous comparerons la quantité d'oxygène contenue dans l'un et l'autre sang. Nous constaterons vraisemblablement une très-faible quantité d'oxygène dans le sang des animaux présentant de l'anesthésie, et ainsi se trouvera expliquée l'insensibilité.

EXPÉRIENCE 26.

Un chien est mis à respirer, au moyen de l'appareil du D^r Jolyet, dans un sac de protoxyde d'azote pur.

3 minutes après l'animal est insensible à l'œil et au pincement de la patte.

On fait alors une extraction de sang par l'artère fémorale. Ce sang est très-noir, et l'analyse

de ses gaz, faite sur la pompe à mercure, donne pour 100^{cc} de sang :

Acide carbonique. . . .	36,6
Oxygène.	3,3
Protoxyde d'azote. . . .	34,6

EXPÉRIENCE 27.

Un chien, inspirant dans un sac de protoxyde d'azote, expirant au dehors, l'expérience étant disposée comme la précédente :

3 minutes après on constate encore un peu de sensibilité au pincement.

4 minutes après l'animal est insensible à l'électrisation du nerf sciatique.

On fait aussitôt par la carotide une extraction de sang ; ce sang est très-noir, et l'analyse des gaz de ce sang nous donne pour 100^{cc} de sang :

Protoxyde d'azote. . . .	37
Oxygène.	0,5
Acide carbonique. . . .	34

Nous constatons par le résultat de ces expériences un fait important : au moment où apparaît l'anesthésie, le sang est noir dans les artères et ne contient presque plus d'oxygène. C'est là le véritable caractère de l'asphyxie au point de vue physiologique. L'anesthésie qui se présente dans de telles conditions nous paraît ne pouvoir être rapportée qu'à l'asphyxie. Quant au rôle que pourrait

jouer le protoxyde d'azote dans ces phénomènes, nous pourrions nous en rendre compte par les expériences que nous allons faire maintenant avec des animaux respirant des mélanges de protoxyde d'azote et d'oxygène. Notons, en outre, que au moment où la mort arrive, le sang est loin d'être saturé de protoxyde d'azote, puisque nous ne le voyons contenir que 35 à 37 pour 100 de ce gaz, tandis que nos expériences *in vitro* nous permettraient de constater une absorption de 70 et plus pour 100 de protoxyde d'azote.

EXPÉRIENCE 28.

Un chien respire, au moyen de l'appareil du Dr Jolyet, dans un sac, un mélange gazeux renfermant pour 100 :

Protoxyde d'azote.	62
Oxygène	21
Azote.	17

L'animal met 7 minutes 30 secondes à inspirer 50 litres de ce mélange, et pendant tout ce temps reste sensible à l'œil et au pincement des orteils.

On fait une extraction de sang par l'artère fémorale. Ce sang est très-rouge et l'analyse des gaz du sang donne pour 100^{cc} :

Protoxyde d'azote.	29,0
Oxygène	19,7
Acide carbonique.	46,0
Azote.	0,3

EXPÉRIENCE 29.

Dans un sac contenant le mélange gazeux suivant pour 100^{cc} : oxygène, 7,3; protoxyde d'azote, 92,7, on met à respirer un chien. L'animal respire par la trachée, inspirant et expirant dans le sac. A 6 h. 10 le chien est mis à respirer le mélange; à 6 h. 24 on prend par l'artère fémorale 25 de sang. L'animal à ce moment est très-sensible à l'œil et au pincement des pattes.

L'analyse des gaz du sang donne pour 100^{cc} :

Oxygène	14,6
Protoxyde d'azote	30,0
Azote.	2,0
Acide carbonique	34,2

L'animal, examiné à 6 h. 27, 6 h. 36, 6 h. 40, est sensible à l'œil et au pincement des pattes; il en est de même à 6 h. 44.

A ce moment, on prend par l'artère 25^{cc} de sang, qui est un peu noir; l'analyse de ce sang donne pour 100^{cc} :

Oxygène	6,4
Protoxyde d'azote. . . .	33,0
Azote.	1,5
Acide carbonique. . . .	36,8

6 h. 50. — L'animal est encore sensible à l'œil, mais peu au pincement des pattes.

7 h. — On prend de nouveau 25^{cc} de sang ; le sang est très-noir à ce moment, l'animal n'offre presque plus de sensibilité.

L'analyse de ce sang donne pour 100^{cc} :

Oxygène	1,2
Protoxyde d'azote . . .	38
Acide carbonique. . . .	35,6

A 7 h. 5, l'animal est mis à respirer à l'air libre.

A 7 h. 8, la sensibilité reparait. Mis à terre, l'animal chancelle un instant et se remet vite.

EXPÉRIENCE 30.

Un chien est mis à 11 h. à respirer le mélange gazeux suivant, contenant pour 100 :

Oxygène	15,3
Protoxyde d'azote. . . .	82,6
Azote	2

Avant l'expérience, on avait pris à l'animal 20^{cc} de sang artériel, dont l'analyse avait donné pour 100^{cc} :

Acide carbonique	38,5
Oxygène	24

Mis à respirer, l'animal ne paraît nullement incommodé ; pas de changement dans la respiration ni les pulsations.

Après 15 minutes l'animal est très-sensible. On prend 25^{cc} de sang, qui est très-rouge, et dont l'analyse donne pour 100^{cc} :

Oxygène	23,9
Protoxyde d'azote. . . .	27,8
Azote.	1,8
Acide carbonique	40

Après 30 minutes, sensibilité très-marquée au pincement avec les doigts. On prend 25^{cc} de sang dont l'analyse donne pour 100^{cc} :

Oxygène	19,8
Protoxyde d'azote . . .	30,8
Acide carbonique. . . .	41,6
Azote.	1

L'animal, mis à terre, ne présente rien de particulier.

Nous voyons dans ces expériences, contrairement à ce que nous avons signalé tout à l'heure, le sang artériel conserver sa coloration rouge, contenir par suite une notable quantité d'oxygène : nous avons donc pu, grâce à ce dernier gaz, empêcher l'asphyxie de se produire, mais en même temps nous avons fait disparaître toute espèce de trouble de la sensibilité. Si nous examinons maintenant la quantité de protoxyde d'azote dissous dans le sang de ces animaux conservant leur sensibilité, nous

voyons qu'elle est, à peu de chose près, égale à celle des animaux offrant de l'anesthésie.

Nous attachons une grande importance aux résultats fournis par ces expériences, et nous croyons pouvoir en tirer les conclusions suivantes :

Puisque le sang artériel des chiens qui respirent une atmosphère artificielle de protoxyde d'azote et d'oxygène, ces animaux ne présentant aucun trouble de la sensibilité, contient à peu près la même quantité de protoxyde d'azote dissous qu'on en retrouve dans le sang des mêmes animaux respirant le protoxyde d'azote pur à l'asphyxie, on ne peut attribuer l'anesthésie qui se montre alors à la présence du gaz protoxyde d'azote dans le sang artériel. La cause de l'anesthésie se trouve tout naturellement être le résultat de l'asphyxie par privation plus ou moins complète de l'oxygène du sang artériel.

EXPÉRIENCES SUR L'HOMME

Le résultat de ces dernières expériences, s'ajoutant à ceux déjà fournis, nous confirmaient pleinement dans l'idée que le protoxyde d'azote ne devait son pouvoir anesthésique qu'à l'asphyxie qu'il déterminait. Mélangé à l'oxygène, il est sans effet, et si, respiré pur, nous le voyons produire l'insensibilité, ce n'est que lorsque apparaissent tous les symptômes de l'asphyxie ; quand, enfin, le sang artériel devenu noir ne renferme plus, comme nous venons de le voir, que 2 à 3 pour 100 d'oxygène.

Aussi, pour nous, le protoxyde d'azote n'est un anesthésique qu'autant qu'il devient un asphyxiant.

Nous étions curieux, cependant, d'expérimenter ce gaz sur nous-même. Sa grande solubilité dans le sang pouvait donner lieu à certains troubles du côté du cerveau, troubles qui, insensibles chez les animaux expérimentés, pouvaient se manifester d'une façon plus évidente chez l'homme.

Nous nous soumîmes donc à des respirations de protoxyde d'azote et d'oxygène.

EXPÉRIENCE 31.

Nous respirâmes une première fois un mélange

contenant 80 pour 100 de protoxyde d'azote et 15 pour 100 d'oxygène.

Nous percevons tout d'abord la saveur sucrée du protoxyde d'azote ; le mélange gazeux n'a, d'ailleurs, aucune odeur désagréable.

Après cinq minutes de cette respiration, nous commençons à éprouver quelques troubles cérébraux : bourdonnements d'oreille, engourdissement dans les membres. La vue reste nette ; nous distinguons parfaitement les objets qui nous entourent. Le pouls, d'ailleurs, est bon, sensibilité parfaitement conservée.

Nous continuons les respirations encore trois minutes, les troubles ci-dessus augmentant, on croit devoir cesser les inhalations du gaz, la sensibilité est intacte.

Remis à respirer à l'air, nous sommes comme étourdi un instant, mais cet effet passe presque aussitôt.

Une seconde expérience, faite dans les mêmes conditions, nous donna les mêmes résultats, et nous éprouvâmes les mêmes troubles cérébraux.

Ces faits tendent à montrer que le protoxyde d'azote, même mélangé à l'air, a une certaine action sur le cerveau, déterminant certains troubles mal définis, mais se rapprochant assez de ceux signalés chez les ouvriers travaillant dans certaines mines au milieu d'une atmosphère insuffisamment oxygénée.

Quoi qu'il en soit, au milieu de ces légers trou-

bles aucune altération de la sensibilité n'est constatée. Ces inhalations pratiquées plus longtemps amèneraient-elles l'anesthésie? Nos expériences sur les animaux nous permettent de répondre négativement.

Rapportons, enfin, le fait suivant, dont nous avons été témoin.

Il nous fut donné d'assister dernièrement à une extraction de dent faite à un de nos amis qui, malgré nos conseils, voulut se faire endormir par le protoxyde d'azote.

L'inhalation du gaz fut faite à l'aide d'une large embouchure de caoutchouc appliquée sur la bouche et communiquant avec le ballon contenant le protoxyde d'azote.

Au bout de quelques inspirations du gaz, les respirations devinrent précipitées, en même temps que le visage de notre pauvre camarade devenait d'une pâleur livide vraiment effrayante. Le pouls était petit. Nous allions intervenir : on cessa les inhalations, la dent fut rapidement extraite. Mais notre ami, revenu aussitôt à lui, déclara avoir ressenti une très-vive douleur.

CONCLUSIONS.

Nous terminons en résumant notre travail et en présentant quelques conclusions fournies par le résultat de nos expériences.

De toutes les expériences faites sur le protoxyde d'azote, un fait capital ressort pour nous, c'est l'asphyxie arrivant chez les sujets soumis aux inhalations de ce gaz, asphyxie manifestée par des signes indiscutables. Dans toutes les expériences rapportées, nous avons remarqué ces symptômes, et lors d'une première communication faite en notre nom commun par M. le D^r Jolyet à la Société de biologie, MM. les D^{rs} Charcot, Blot, Laborde, Dumontpallier ont déclaré avoir constaté également la coloration violacée de la face, le ralentissement de la respiration, etc. « État extrêmement grave, dit M. le docteur Charcot, rappelant certains phénomènes de l'agonie. » Citons enfin la note de M. Magitot, remise à propos de cette communication. « Je partage entièrement, dit M. Magitot, le sentiment exprimé par MM. Charcot et Blot au sujet de l'emploi chirurgical de ce gaz. Le nombre des cas de mort *connus* s'accroît de jour en jour, et, dans tous ceux qui ont été quelque peu étudiés,

l'accident a été le résultat de l'asphyxie. Quelques autopsies ont été faites et ont démontré pleinement ce mécanisme. »

Qu'on n'aille pas alléguer, comme on l'a fait déjà, la mauvaise préparation du gaz expérimenté pour expliquer l'asphyxie. Nous rappellerons que chez l'inventeur lui-même du protoxyde d'azote Pictet avait constaté ces symptômes alarmants.

D'ailleurs, si la préparation du gaz présente des difficultés, et nous reconnaissons qu'elle est des plus délicates, nous ne voyons là qu'un danger de plus, une raison venant s'ajouter à d'autres plus que suffisantes pour proscrire les inhalations du protoxyde d'azote.

Du résultat de nos expériences personnelles, nous croyons pouvoir conclure :

1° Le protoxyde d'azote, chimiquement pur, ne peut entretenir la respiration des animaux, non plus que celle des végétaux ; la combustion, dans laquelle consiste la respiration, n'est pas assez énergique pour décomposer ce gaz ;

2° Respiré pur par les animaux, le protoxyde d'azote est donc un gaz asphyxiant, qui amène la mort en produisant tous les signes généraux de l'asphyxie par strangulation ou par respiration de gaz inertes (hydrogène, azote) ;

3° Si le protoxyde d'azote respiré pur produit l'anesthésie, c'est en agissant comme asphyxiant, par suite de privation d'oxygène dans le sang. L'insensibilité ne se montre que lorsqu'il commence

à n'y avoir plus dans le sang artériel que 2 à 3 pour 100 d'oxygène. Le sang est alors très-noir ;

4° Les animaux, au contraire, peuvent vivre en respirant des atmosphères artificielles de protoxyde d'azote et d'oxygène, dans les proportions des gaz de l'air, le protoxyde d'azote remplaçant l'azote sans présenter des troubles de la sensibilité ;

5° Le protoxyde d'azote paraît, cependant, avoir une action mal définie sur le cerveau, se rapprochant, du reste, de celle déterminée par la diminution d'oxygène et n'amenant pas la perte de la sensibilité ;

6° Le gaz protoxyde d'azote étant un gaz irrespirable, dont la préparation présente certaines difficultés, ne produisant l'anesthésie que par suite de l'asphyxie qu'il détermine, son emploi ayant causé la mort dans plusieurs cas, nous pensons que son usage devra, sinon être complètement aboli, du moins être fort restreint dans la pratique médicale.

